

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Adapun beberapa penelitian terdahulu mengenai beton dengan bahan tambah abu sekam padi dan penelitian lainnya mengenai beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) dengan penambahan variasi pada campurannya. Berikut beberapa penelitian terdahulu.

A. Penelitian Terdahulu Mengenai Agregat Halus

Setyawan (2016) dalam penelitiannya mengenai pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap *flowability* dan kuat tekan pada *Self-Compacting Concrete*, melakukan pengujian pada agregat halus yang meliputi pengujian sifat fisik dan mekaniknya. Agregat halus yang digunakan berasal dari kali Progo, Yogyakarta. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan pasir tersebut termasuk dalam gradasi daerah 2 dengan modulus halus butir 2,648%, berat jenis sebesar 2,58, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575%, penyerapan air sebesar 0,276%, dan kadar lumpur sebesar 4,532%.

Pratiwi (2016) dalam penelitiannya tentang pengaruh penggunaan serat *fibre optic* 0,1%; 0,15%; 0,2% dan pecahan kaca 20% sebagai pengganti sebagian semen agregat halus terhadap kuat tekan beton, melakukan beberapa pemeriksaan pada agregat halus. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan pasir tersebut termasuk dalam gradasi daerah 2 dengan modulus halus butir 2,648%, berat jenis sebesar 2,58, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575%, penyerapan air sebesar 0,276%, dan kadar lumpur sebesar 4,532%. Agregat halus yang digunakan berasal dari kali Progo, Yogyakarta.

Ervianto (2016) dalam penelitiannya tentang pengaruh penambahan *zat additive (besmittel)* 0,5% dan *fly ash* dengan variasi 5%; 7,5%; 10% terhadap kuat tekan beton mutu tinggi, melakukan pengujian pada agregat halus (pasir) meliputi pengujian sifat fisik dan mekaniknya. Pengujian tersebut bertujuan agar mengetahui kelayakan agregat halus (pasir) yang akan digunakan apakah telah memenuhi standar. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan pasir tersebut termasuk dalam gradasi daerah 2 dengan modulus halus butir 2,648%, berat

jenis sebesar 2,59, berat satuan sebesar 1,31 gr/cm³, kadar air sebesar 4,575%, penyerapan air sebesar 0,26%, dan kadar lumpur sebesar 4,532%.

Tabel 2.1 Hasil pengujian agregat halus asal Progo

No	Jenis Pengujian Agregat	Penguji		
		Setyawati (2016)	Pratiwi (2016)	Ervianto (2016)
1	Gradasi daerah	No. 2	No. 2	No. 2
2	Modulus halus butir (%)	2,648	2,648	2,648
3	Berat jenis	2,58	2,58	2,59
4	Berat satuan (gr/cm ³)	1,31	1,31	1,31
5	Kadar air (%)	4,575	4,575	4,575
6	Penyerapan air (%)	0,276	0,276	0,26
7	Kadar lumpur (%)	4,532	4,532	4,532

B. Penelitian Terdahulu Mengenai Agregat kasar

Pratama (2016) dalam penelitiannya tentang pengaruh penggunaan agregat kasar dari Yogyakarta terhadap kuat tekan beton, melakukan beberapa pengujian pada agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Pengujian tersebut meliputi pengujian pada berat jenis didapat sebesar 2,87, penyerapan air sebesar 1,2%, berat satuan 1,55 gr/cm³, kadar lumpur 1,55%, kadar air 0,15%, dan keausan terhadap agregat kasar 21,26%.

Habibi (2016) dalam penelitiannya yang berjudul kajian perbandingan kuat tekan beton terhadap jenis pasir di Yogyakarta, melakukan beberapa pengujian pada agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Pengujian tersebut meliputi pada pengujian berat jenis didapat sebesar 2,87, penyerapan air 2,50%, kadar air sebesar 0,15%, kadar lumpur sebesar 1,55%, keausan terhadap agregat kasar 21,26%, dan berat satuan sebesar 1,55 gr/cm³.

Wibowo (2016) dalam penelitiannya tentang studi kuat lentur balok dengan penambahan *glenium* ACE 8590 dan *fly ash*, melakukan beberapa pengujian pada agregat kasar yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Dari hasil pengujian tersebut berat jenis sebesar 2,55%, penyerapan air 3,27%, berat satuan 1,31 gr/cm³, kadar lumpur sebesar 1,57%, kadar air sebesar 3,70%, dan keausan terhadap agregat kasar sebesar 29%. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta.

Tabel 2.2 Hasil pengujian agregat kasar asal Clereng

No	Jenis Pengujian Agregat	Penguji		
		Pratama (2016)	Habibi (2016)	Wibowo (2016)
1	Berat Jenis	2,87	2,87	2,55
2	Penyerapan air (%)	1,2	2,50	3,27
3	Kadar air (%)	0,15	0,15	3,70
4	Kadar lumpur (%)	1,55	1,55	1,57
5	Keausan (%)	21,36	21,36	29
6	Berat satuan (gr/cm ³)	1,55	1,55	1,31

C. Pemanfaatan Abu Sekam Padi

Raharja, (2013) meneliti tentang pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen ditinjau dari kuat tekan dan modulus elastis beton kinerja tinggi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total 18 benda uji. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 7,62 cm (3 inch) dan tinggi 15,24 cm (6 inch) dan menggunakan variasi komposisi abu sekam padi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 15%. Setiap jenis campuran beton dibuat 3 benda uji. Mutu beton yang direncanakan adalah $f_c' = 80$ MPa. Uji kuat tekan dan modulus elastisitas dilakukan pada umur 28 hari. Pada Tabel 2.4 nilai *flow table test* beton kinerja tinggi rata-rata adalah 18,25 cm, campuran beton kinerja tinggi dengan abu sekam padi menjadi kurang encer sehingga tingkat *workabilitas* menjadi lebih rendah dibandingkan beton kinerja tinggi tanpa abu sekam padi. Pada Tabel 2.5 dan Gambar 2.1 hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen mengakibatkan peningkatan kuat tekan. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi 10% abu sekam padi yaitu sebesar 18,15% (dari 85,55 MPa menjadi 101,07 MPa). Pada Tabel 2.6 dan Gambar 2.2 pengaruh abu sekam padi terhadap modulus elastisitas berbanding lurus dengan kuat tekannya. Nilai modulus elastisitas juga cenderung mengalami peningkatan seiring dengan semakin besar penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti sebagian semen, yaitu sebesar 2,45% - 14,11%.

Tabel 2.3 Pengujian kandungan kimia abu sekam padi (Raharja, 2013)

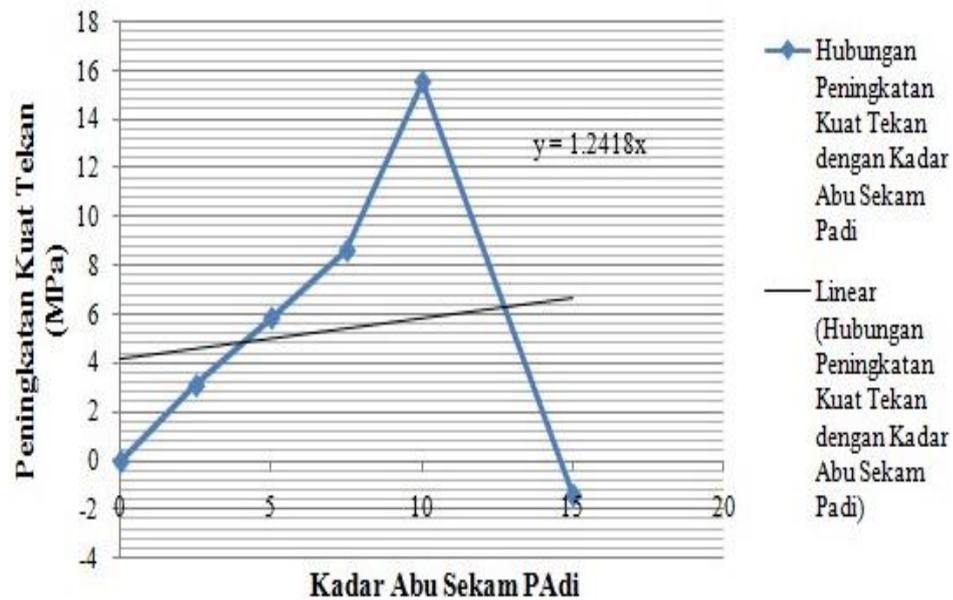
No	Parameter	Kadar (%)
1	<i>Silicon dioxide (SiO₂)</i>	82,26
2	<i>Aluminium trioxide (Al₂O₃)</i>	2,56
3	<i>Ferric oxide (Fe₂O₃)</i>	1,74
4	<i>Calcium oxide (CaO)</i>	2,16
5	<i>Magnesium oxide (MgO)</i>	1,74
6	<i>Potassium oxide (K₂O)</i>	3,70
7	<i>Phosphorus oxide (P₂O₅)</i>	3,24
8	<i>Titanium oxide (TiO₂)</i>	0,19
9	<i>Manganese oxide (MnO)</i>	0,33

Tabel 2.4 Hasil *flow table test* beton segar dengan variasi semen dan abu sekam padi (Raharja, 2013)

Data Flow Table Test			
Persentase Abu Sekam Padi	Diameter Sebaran 1 (cm)	Diameter Sebaran 2 (cm)	Diameter Sebaran Rata-rata (cm)
0%	18	18,5	18,25
2,5%	17,5	17	17,25
5%	16,5	16,7	16,60
7,5%	16	16,3	16,15
10%	15,8	15,3	15,55
15%	15	14,7	14,85

Tabel 2.5 Hasil pengujian kuat tekan (Raharja, 2013)

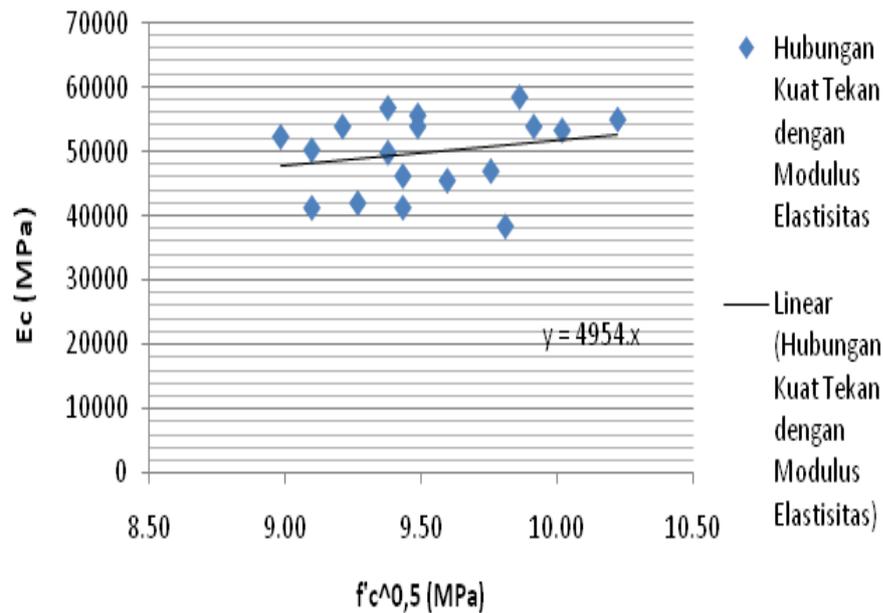
No	Kode benda uji	P maks (KN)	F'c (MPa)	Fc' Rata-rata (MPa)
1	BKTN A	425	87,96	85,55
2	BKTN B	400	82,79	
3	BKTN C	415	85,89	
4	BKT1 A	445	92,10	88,65
5	BKT1 B	410	84,86	
6	BKT1 C	430	89,00	
7	BKT2 A	435	90,03	91,41
8	BKT2 B	465	96,24	
9	BKT2 C	425	87,96	
10	BKT3 A	470	97,28	94,17
11	BKT3 B	435	90,03	
12	BKT3 C	460	95,21	
13	BKT4 A	485	100,38	101,07
14	BKT4 B	505	104,52	
15	BKT4 C	475	98,31	
16	BKT5 A	390	80,72	84,17
17	BKT5 B	430	89,00	
18	BKT5 C	400	82,79	



Gambar 2.1 Hubungan peningkatan kuat tekan dengan kadar abu sekam padi (Raharja, 2013)

Tabel 2.6 Hubungan kuat tekan dan modulus elastisitas beton kinerja tinggi (Raharja, 2013)

No	Kode Benda Uji	Keterangan	Kuat Tekan (MPa)	Akar f'_c	Ec Perhitungan (MPa)	Rumus Empiris
1	BKTN A	Beton kinerja tinggi dengan kadar abu sekam padi 0%	87,96	9,38	49943	5325,04
	BKTN B		82,79	9,10	50371	5535,96
	BKTN C		85,89	9,27	42135	4546,34
2	BKT1 A	Beton kinerja tinggi dengan kadar abu sekam padi 5%	92,10	9,60	45622	4753,76
	BKT1 B		84,86	9,21	54001	5862,09
	BKT1 C		89,00	9,43	46322	4910,16
3	BKT2 A	Beton kinerja tinggi dengan kadar abu sekam padi 7,5%	90,03	9,49	55731	5873,47
	BKT2 B		96,24	9,81	38514	3925,86
	BKT2 C		87,96	9,38	56907	6067,56
4	BKT3 A	Beton kinerja tinggi dengan kadar abu sekam padi 10%	97,28	9,86	58569	5938,29
	BKT3 B		90,03	9,49	54028	5693,99
	BKT3 C		95,21	9,76	47089	4825,96
5	BKT4 A	Beton kinerja tinggi dengan kadar abu sekam padi 15%	100,38	10,02	53417	5331,52
	BKT4 B		104,52	10,22	55100	5389,50
	BKT4 C		98,31	9,92	54027	5448,87
6	BKT5 A	Beton kinerja tinggi dengan kadar abu sekam padi 15%	80,72	8,98	52401	5832,44
	BKT5 B		89,00	9,43	41416	4390,12
	BKT5 C		82,79	9,10	41387	4548,59



Gambar 2.2 Hubungan modulus elastisitas dan kuat tekan pada beton kinerja tinggi (Raharja, 2013)

Ramanuddin, (2010) meneliti tentang kehalusan dan kadar abu sekam padi pada kekuatan beton dengan kuat tekan 50 MPa. Abu sekam padi hendak diteliti sebagai bahan tambah dan substitusi parsial terhadap semen, Penambahan abu sekam padi dalam penelitian ini adalah 5, 10, 15, 20, dan 25% dari berat semen. Substitusi parsial abu sekam padi terhadap semen sebesar 5, 10, 15, 20, dan 25%. Pada kadar substitusi parsial abu sekam padi 10%, dilakukan variasi *slump* rencana sebesar 0-10, 10-30, 30-60, dan 60-180 mm, dan dilakukan variasi penambahan superplasticizer sebesar 0, 0,5, 1, dan 1,5%. Uji kuat tekan dan Tarik belah dilakukan dengan benda uji berbentuk *silinder* berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm sebanyak 6 buah benda uji untuk setiap pengujian. Menggunakan metode SNI 03-2834-2000 untuk menghitung komposisi campuran beton dengan kuat tekan 50 MPa. Kuat tekan diuji pada umur beton 3, 7, 14, 28, dan 56 hari. Dari Tabel 2.7 dan Gambar 2.3 hasil pengujian kuat tekan dengan penambahan kadar abu sekam padi yang paling *optimum* yaitu 10% terhadap berat semen, memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 47,82 MPa. Sedangkan pada Tabel 2.8 dan Gambar 2.4 kadar substitusi parsial abu sekam padi yang *optimum* adalah sebesar 10% dari berat semen yang menghasilkan kuat tekan 51,71 MPa. Kadar *optimum Superplasticizer (Structure 335)* sebesar

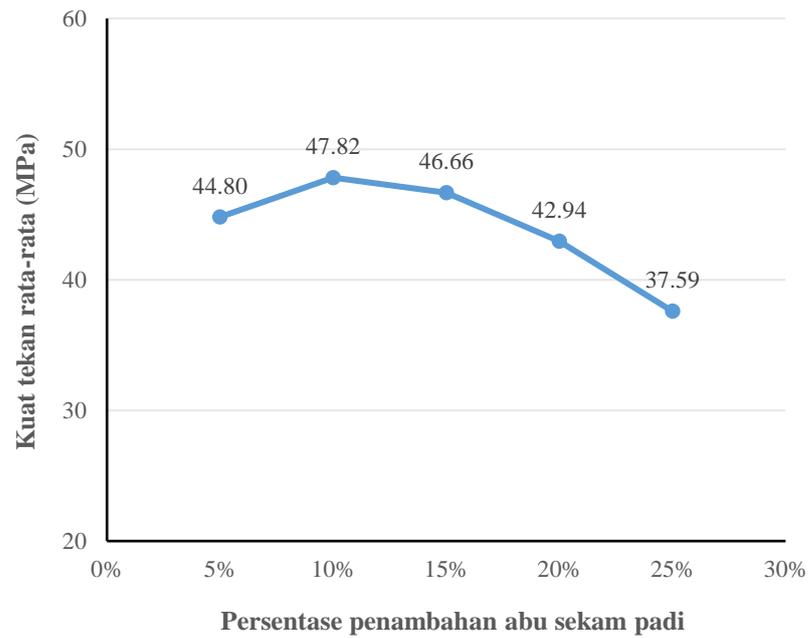
1% dari berat semen dan ukuran kehalusan yang paling baik adalah abu sekam padi yang lolos saringan no 200.

Tabel 2.7 Nilai kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam padi (Ramanuddin, 2010)

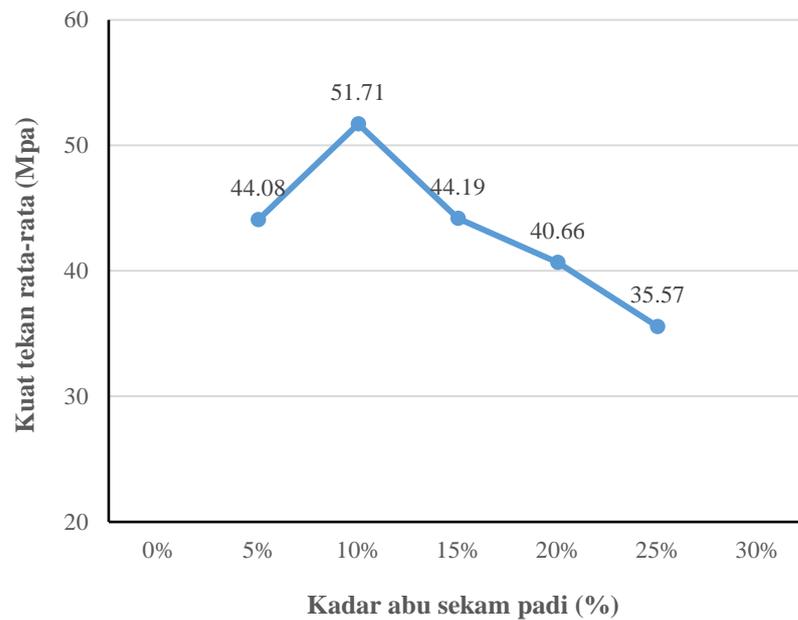
Kadar Penambahan Abu Sekam Padi	Berat Benda Uji (Kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
PCC + 5% ASP	3,70	44,99	44,80
	3,77	43,30	
	3,75	46,10	
PCC + 10% ASP	3,61	47,82	47,82
	3,64	47,92	
	3,72	47,71	
PCC + 15% ASP	3,66	43,81	46,66
	3,67	46,82	
	3,74	49,35	
PCC + 20% ASP	3,77	49,95	42,94
	3,71	39,28	
	3,72	39,59	
PCC + 25% ASP	3,68	36,06	37,59
	3,69	39,27	
	3,58	37,45	

Tabel 2.8 Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton (Ramanuddin, 2010)

Kadar Penambahan Abu Sekam Padi	Berat Benda Uji (Kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
-5% PCC + 5% ASP	3,76	49,74	48,08
	3,71	48,74	
	3,71	45,75	
-10% PCC + 10% ASP	3,75	50,06	51,71
	3,83	50,81	
	3,81	54,27	
-15% PCC + 15% ASP	3,68	35,39	44,19
	3,79	50,70	
	3,72	46,49	
-20% PCC + 20% ASP	3,57	43,25	40,66
	3,57	38,39	
	3,58	40,35	
-25% PCC + 25% ASP	3,73	32,40	35,57
	3,62	39,47	
	3,68	34,83	



Gambar 2.3 Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton (Ramanuddin, 2010)



Gambar 2.4 Pengaruh substitusi parsial kadar abu sekam padi terhadap kuat tekan beton (Ramanuddin, 2010)

D. *Self-Compacting Concrete* (SCC)

Krisnamurti, (2013) meneliti tentang pengaruh pemanfaatan abu kertas dan abu sekam padi pada campuran *powder* terhadap perkembangan kuat tekan *self-compacting concrete*. Penelitian ini menggunakan abu kertas dan abu sekam padi

sebagai bahan campuran *powder*. Bahan yang digunakan yaitu semen, pasir, kerikil, *superplasticizer* dengan kadar 1,5%, abu kertas dan abu sekam padi dengan persentase sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat campuran *powder*. Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan oleh krisnamurti. (2013) diantaranya pengujian sifat fisik agregat, pengujian terhadap SCC segar (*slump test*, *T50 test*, *funnel test*), dan pengujian kuat tekan benda uji pada usia 3, 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil pengujian sifat fisik agregat tersaji pada Tabel 2.9, 2.10 dan 2.11. Pada pengujian terhadap SCC segar (*slump test*, *T50 test*, *funnel test*) tersaji pada Gambar 2.5, 2.6, dan 2.7. Untuk hasil pengujian kuat tekan beton, disajikan pada Gambar 2.12 hubungan kuat tekan SCC pada usia 28 hari dengan persentase abu sekam dan abu kertas, diketahui bahwa pada prosentase 10% baik abu sekam ($322,55 \text{ kg/cm}^2$) maupun abu kertas ($375,20 \text{ kg/cm}^2$) menunjukkan kuat tekan yang tertinggi sebelum terjadi penurunan kuat tekan yang pertama. Namun, pada pengujian dengan abu kertas kuat tekan tertingginya terjadi pada prosentase 25% sebesar $441,11 \text{ kg/cm}^2$ walaupun pada prosentase 15% terjadi penurunan kuat tekan menjadi $363,24 \text{ kg/cm}^2$.

Tabel 2.9 Pengujian pasir (Krisnamurti, 2013)

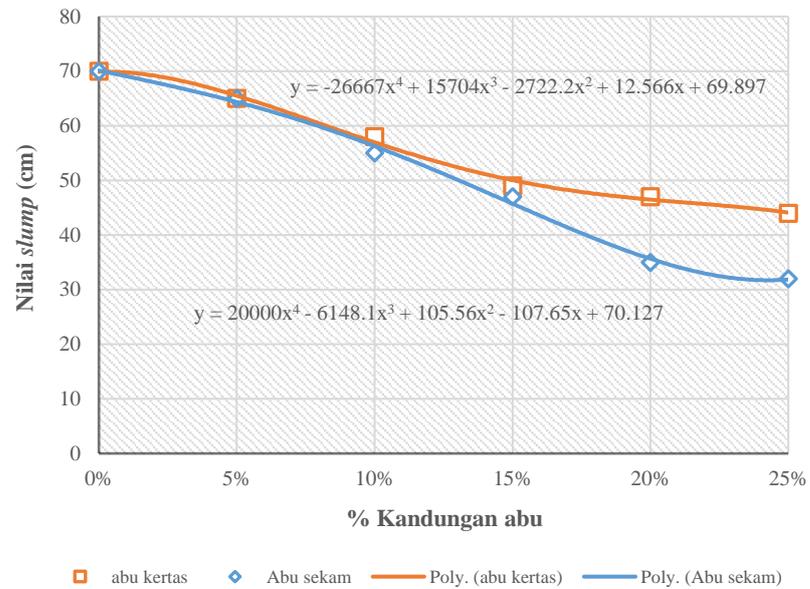
No	Jenis Pengujian	Rata-rata
1	Kadar air (%)	2,18
2	Air resapan (%)	14,47
3	Berat jenis (kg/dm^3)	2,76
4	Berat Volume (g/cm^3)	1,425
5	Kadar lumpur (%)	1,67
6	Modulus kehalusan	3,57

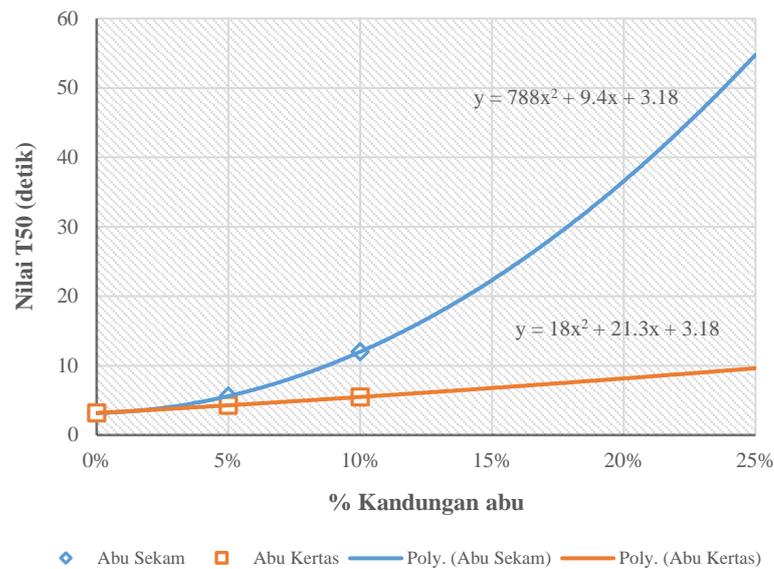
Tabel 2.10 Pengujian kerikil (Krisnamurti, 2013)

No	Jenis Pengujian	Rata-rata
1	Kadar air (%)	0,88
2	Air resapan (%)	2,09
3	Berat jenis (kg/dm^3)	2,36
4	Berat Volume (kg/m^3)	1497,87
5	Kadar lumpur (%)	1,42
6	Ketahanan agregat (%)	6,89

Tabel 2.11 Pengujian abu sekam padi dan abu kertas (Krisnamurti, 2013)

No	Jenis Pengujian	Abu Sekam Padi	Abu Kertas
1	Kadar air (%)	18,11	0,67
2	Air resapan (%)	58,04	53,47
3	Berat jenis (kg/dm^3)	2,78	2,55
4	Berat Volume (g/cm^3)	0,44	0,43

Gambar 2.5 Hasil uji *slump* pada SCC dengan abu kertas dan abu sekam padi (Krisnamurti, 2013)Gambar 2.6 Hasil uji *Funnel* pada SCC dengan abu kertas dan abu sekam padi (Krisnamurti, 2013)



Gambar 2.7 Hasil uji T50 pada SCC dengan abu kertas dan abu sekam padi (Krisnamurti, 2013)

Tabel 2.12 Hasil uji kuat tekan SCC pada usia 28 hari (kg/cm^2) (Krisnamurti, 2013)

No	Kandungan	Abu Sekam Padi	Abu Kertas
1	0%	259.20	259,20
2	5%	243.78	267,81
3	10%	322.55	375,20
4	15%	285.21	363,24
5	20%	234.87	408,52
6	25%	164.26	441,11

Lianasari (2012), mengkaji pengaruh penggunaan material lokal zeolit sebagai *filler* untuk produksi beton memadat mandiri (*Self-Compacting Concrete*). Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental dengan pelaksanaan sebagai berikut: (1) Variabel bebas berupa variasi penambahan *filler* (zeolit) yang diberikan dengan takaran 0%, 10%, dan 20% dan *Viscocrete-10* dengan dosis 0,5% dan 1% dihitung berdasarkan berat semen yang diperlukan, (2) Variabel terikat berupa kuat tekan dan nilai serapan air *Self-Compacting Concrete*, (3) Variabel pengendali terdiri dari *water per binder ratio* sebesar 0,45, jenis semen, jenis dan ukuran agregat, jenis *superplastisizer*, nilai *slump-flow* minimal 60 cm, umur beton dan ukuran *filler* yang digunakan. Perencanaan adukan beton menggunakan metode SK SNI T-15-1990-03 dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Berdasarkan Tabel 2.14 hasil pengujian

disimpulkan bahwa material zeolit dapat digunakan sebagai *filler* dalam *Self-Compacting Concrete*. Dengan penambahan zeolit adukan beton menjadi lebih kaku, namun proses mengalir terbantu dengan adanya *Viscorete-10* dan *fresh concrete*. Dari Tabel 2.15 didapatkan hasil uji kuat tekan optimum umur 28 hari dan 90 hari berturut-turut yaitu sebesar 45,35 MPa dan 53,01 MPa. Pada Tabel 2.16 penggunaan zeolit sebagai *filler* dan *Viscocrete* 1% dalam memproduksi SCC dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 14% dari beton normal umur 28 hari dan 16,5% dari beton normal umur 90 hari. Sedangkan bila dibandingkan dengan beton normal tidak dipadatkan lebih tinggi 34,8% pada umur 28 hari dan 42.3% pada umur 90 hari. Penggunaan *filler* zeolit dengan pemberian dosis *Viscorete* yang tidak tepat menyebabkan turunnya kuat tekan beton. Hal ini terlihat pada uji kuat tekan beton lebih rendah 35,3% (zeolit 10%) dan 50,7% (zeolit 20%) dari beton normal.

Tabel 2.13 Komposisi kimiawi zeolit (Lianasari, 2012)

Komposisi	Kandungan (%)
SiO_2	66,49
Al_2O_3	13,44
Fe_2O_3	1,75
K_2O	1,18
TiO_2	1,40
MgO	1,67
CaO	2,07

Tabel 2.14 Hasil pengujian *slump* dan *slump flow* (Lianasari, 2012)

Code Benda Uji	<i>Slump</i>	<i>Slump Flow</i> (detik)
BN	10,5 cm	--
BNT	12 cm	--
Z10V0.5	10 cm	--
Z10V1	--	30,1
Z10V1,5	--	13,68
Z20V0,5	1 cm	--
Z20V1	--	39,4
Z20V1,5	--	27,2

Tabel 2.15 Hasil pengujian kuat tekan beton berbagai variasi bahan susun beton (Lianasari, 2012)

Kode Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)	
	28 hari	90 hari
BN	39,78	45,49
BNT	33,64	37,26
Z10V0,5	25,72	32,11
Z10V1,0	45,35	53,01
Z10V1,5	34,80	29,00
Z20V1,5	19,62	19,94
Z20V1,0	38,52	48,47
Z20V1,5	36,49	38,31

Tabel 2.16 Hasil pengujian kuat tekan beton dalam persentase terhadap beton normal (Lianasari, 2012)

Kode Beton	Terhadap Beton Normal dipadatkan		Terhadap Beton Normal Tidak dipadatkan	
	28 Hari	90 Hari	28 Hari	90 Hari
BN	100 %	100 %	118,3 %	122,1 %
BNT	84,6 %	81,9 %	100 %	100 %
Z10V0,5	64,7 %	70,6 %	76,5 %	86,2 %
Z10V1,0	114 %	116,5 %	134,8 %	142,3 %
Z10V1,5	87,5 %	63,8 %	103,4%	77,8 %
Z20V0,5	49,3 %	43,8 %	103,4%	53,5 %
Z20V1,0	96,8%	106,6 %	114,5 %	130,1 %
Z20V1,5	91,7 %	84,2 %	108,5 %	102,8 %

Widodo (2005), meneliti mengenai optimalisasi kuat tekan *Self-Compacting Concrete* dengan cara *trial-mix* komposisi agregat dan *filler* pada campuran adukan beton. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui komposisi antara agregat kasar dan agregat halus yang optimum pada beton yang tergolong SCC dan persentase optimum dalam melakukan substitusi adukan beton dengan serbuk bata merah yang difungsikan sebagai *filler* dalam produksi SCC. Studi eksperimental dilakukan dilaboratorium dengan *factor* air semen perekat sebesar 0,40. Komposisi antara agregat kasar dan agregat halus dirancang dalam beberapa variasi yaitu; 2:1, 1,5:1, 1:1, 1:1,5 dan 1:2, setelah diketahui nilai perbandingan agregat yang optimum selanjutnya dilakukan pengujian variasi takaran *filler*. Substitusi *filler* berupa serbuk bata merah diberikan dengan

takaran 1/10, 1/5, 1/3, dan 1/2 dihitung berdasarkan jumlah *binder* yang diperlukan. Sifat beton segar diuji dengan metode *modified slump test* sedangkan pengujian kuat tekan beton dilakukan pada 90 benda uji berbentuk *silinder* dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur 3, 7, dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan komposisi agregat yang *optimum* ditinjau dari sifat beton segar dan kuat tekan beton dapat dicapai pada penggunaan pasir dan kerikil dengan komposisi 1:1. Pada Tabel 2.21 pemanfaatan serbuk bata merah sebagai *filler* pada SCC dapat meningkatkan kuat tekan beton, dimana takaran substitusi semen yang *optimum* dicapai pada penggunaan serbuk bata merah sebesar 10% yang ditunjukkan dengan besarnya kuat tekan pada umur 28 hari adalah 54,14 MPa, laju perkembangan kuat tekan SCC dengan serbuk bata merah akan lebih lambat jika dibandingkan dengan SCC yang tidak menggunakan serbuk bata merah.

Tabel 2.17 Rancangan campuran adukan beton (Widodo, 2005)

Material	Komposisi Agregat (Pasir : Kerikil)				
	2,0 : 1,0	1,5 : 1,0	1,0 : 1,0	1,0 : 1,5	1,0 : 2,0
Sika Viscocrete-5 (lt/m ³)	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Air (lt/m ³)	201,0	201,0	201,0	201,0	201,0
Semen (kg/m ³)	462,0	462,0	462,0	462,0	462,0
<i>Silica fume</i> (kg/m ³)	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0
Agregat kasar (kg/m ³)	570,4	648,8	811,0	973,2	1081,3
Agregat halus (kg/m ³)	1081,3	973,2	811,0	648,8	570,4
Berat total (kg/m ³)	2340,0	2340,0	2340,0	2340,0	2340,0

Tabel 2.18 Sifat beton segar pada *trial mix* komposisi agregat (Widodo, 2005)

No	Perlakuan Pasir : Kerikil	<i>Slump</i>	<i>Slump Flow</i>
1	2,0 : 1,0	22,0	70,0
2	1,5 : 1,0	25,0	75,0
3	1,0 : 1,0	25,0	70,0
4	1,0 : 1,5	26,5	70,0
5	1,0 : 2,0	27,0	60,0

Tabel 2.19 Hasil uji kuat tekan beton akibat variasi komposisi agregat (Widodo, 2005)

No	Perlakuan Pasir : kerikil	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		3 hari	7 hari	28 hari
1	2,0 : 1,0	16,006	16,593	19,882
2	1,5 : 1,0	18,290	23,630	27,810

Tabel 2.20 Lanjutan hasil uji kuat tekan beton akibat variasi komposisi agregat (Widodo, 2005)

No	Perlakuan Pasir : kerikil	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		3 hari	7 hari	28 hari
3	1,0 : 1,0	18,525	22,051	28,220
4	1,0 : 1,5	19,894	23,756	31,463
5	1,0 : 2,0	12,305	14,425	16,780

Tabel 2.21 Hasil uji kuat tekan SCC dengan *filler* serbuk bata merah (Widodo, 2005)

No	Substitusi Semen Dengan Serbuk Bata Merah	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		3 hari	7 hari	28 hari
1	0%	32,44	46,97	53,57
2	10%	27,92	35,46	54,14
3	20%	23,89	32,44	45,08
4	33%	21,31	30,18	35,46
5	50%	15,85	17,92	28,48

Setyawan (2016), meneliti tentang pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap *flowability* dan kuat tekan *Self Compacting Concrete*. Penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen dalam beton yang cukup tinggi mampu memperkecil ruang antar agregat sehingga beton yang dihasilkan lebih padat dan dapat meningkatkan sifat *workability* dan kemampuan alir beton. Pada umumnya *Self Compacting Concrete* memerlukan penggunaan *superplasticizer* untuk meningkatkan *workabilitas* dan daya alir beton. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian dari semen pada sifat *Self Compacting Concrete*. Pembuatan benda uji menggunakan silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 18 benda uji segar dengan 3 variasi abu ampas tebu sebesar 5 %, 10%, dan 15 % dan penambahan *viscocrete* dengan dosis yang berbeda yaitu 1,2%, 1,4%, dan 1,6% dari berat semen dan diuji pada umur 28 hari. Penambahan abu ampas tebu terhadap pengujian beton pada kondisi segar (*fresh properties*) dari variasi 3 %, 5 %, dan 15 % telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh EFNARC. Pada Tabel 2.22 pengujian *J-Ring* (T50 cm dan *slump flow*) campuran beton SCC dengan abu ampas tebu 5 % memiliki sifat *passing ability* yang baik yaitu 2,38 detik, pengujian *V-Funnel* menunjukkan bahwa campuran beton SCC paling optimum

adalah 7,15 detik dengan abu ampas tebu 10 %. Sedangkan pada uji *L-Box* campuran SCC menggunakan abu ampas tebu paling optimum untuk persentase 10 % yaitu sebesar 1,66 cm. Tabel 2.23 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi abu ampas tebu 5% dan tambahan *Viscocrete-1003* 1,2 % dari penggunaan berat semen. Diperoleh hasil kuat tekan maksimal sebesar 25,26 MPa serta hasil kuat minimal sebesar 16,68 MPa dan kuat tekan rata – rata diperoleh sebesar 21,50 MPa. Tabel 2.24 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi abu ampas tebu 10 % dan tambahan *Viscocrete-1003* 1,4 % dari penggunaan berat semen. Diperoleh hasil kuat tekan maksimal sebesar 21,30 MPa serta hasil kuat minimal sebesar 19,16 MPa dan kuat tekan rata – rata diperoleh sebesar 20,10 MPa. Tabel 2.25 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi abu ampas tebu 15 % dan tambahan *Viscocrete-1003* 1,6 % dari penggunaan berat semen. Diperoleh hasil kuat tekan maksimal sebesar 16,38 MPa serta hasil kuat minimal sebesar 15,70 MPa dan kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 16,06 MPa.

Tabel 2.22 Hasil pengujian *fresh properties* berdasarkan variasi penambahan AAT dan *Viscocrete 1003* (Setyawan, 2016)

No	Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi EFNARC, 2002	Pengujian SCC			
				Normal	Mix 1	Mix 2	Mix 3
1	<i>Slump flow</i>	mm	650-800 (± 10)	68,2	67,7	69,7	70,9
2	T50 cm	Detik	2-5 sec	2,67	2,38	2,64	2,59
3	<i>V-Funnel</i>	Detik	6-12	7,3	7,15	7,83	9,05
4	<i>L-Box</i>	H2/H1	$\geq 0,8$	0,95	1,4	1,65	1,87

Tabel 2.23 Hasil uji kuat tekan beton variasi AAT 5% umur 28 hari (Setyawan, 2016)

No	Kode Benda Uji	Kadar AAT	Kadar <i>Viscocrete</i>	Diameter	Luas Permukaan	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
		(%)	(%)				
1	BNAT-1	5%	1,2	15	176,71	25,26	21,50
	BNAT-2			15	176,71	21,37	
	BNAT-3			14,9	174,37	17,19	
	BNAT-4			14,9	174,37	25,14	
	BNAT-5			14,9	176,71	23,34	
	BNAT-6			14,9	176,71	16,68	

Tabel 2.24 Hasil uji kuat tekan beton variasi AAT 10 % umur 28 hari
(Setyawan, 2016)

No	Kode Benda Uji	Kadar AAT	Kadar <i>Viscocrete</i>	Diameter	Luas Permukaan	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
		(%)	(%)				
2	BNAT-1	10	1,4	15	176,71	21,27	20,10
	BNAT-2			15	176,71	21,30	
	BNAT-3			14,9	174,37	19,33	
	BNAT-4			15	174,37	19,66	
	BNAT-5			15	176,71	19,16	
	BNAT-6			14,9	176,71	19,86	

Tabel 2.25 Hasil uji kuat tekan beton variasi ASP 15% umur 28 hari
(Setyawan, 2016)

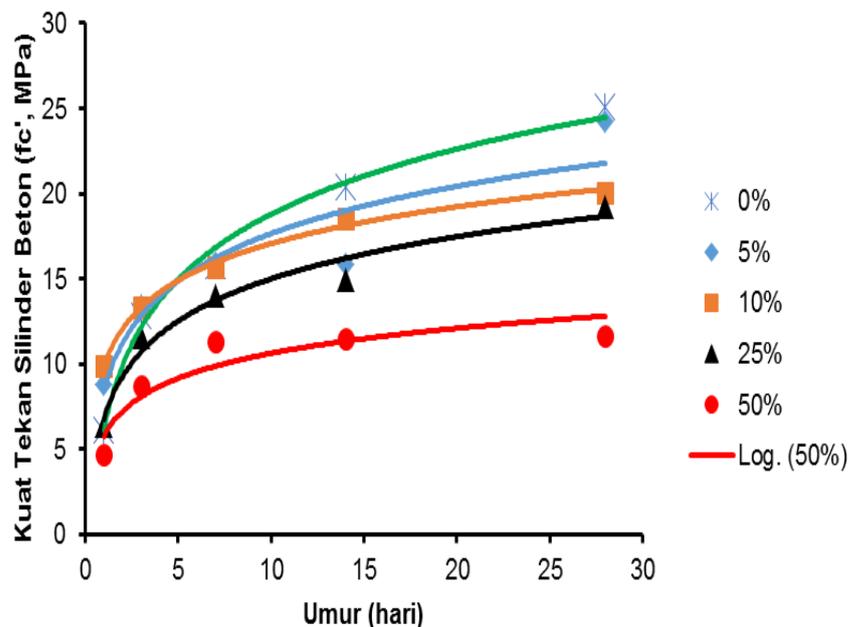
No	Kode Benda Uji	Kadar AAT	Kadar <i>Viscocrete</i>	Diameter	Luas Permukaan	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-rata
		(%)	(%)				
3	BNAT-1	15	1,6	15,2	176,71	15,90	16,06
	BNAT-2			15	176,71	15,70	
	BNAT-3			15,1	176,71	16,37	
	BNAT-4			15	176,71	16,33	
	BNAT-5			15	176,71	16,38	
	BNAT-6			15	176,71	15,66	

Firnanda (2016), meneliti tentang *Self Compacting Concrete* dengan variasi *replacement* agregat kasar menggunakan cangkang kelapa sawit. Pada penelitian ini digunakan cangkang kelapa sawit (*Oil Palm Shell*) sebagai *replacement* dari batu pecah sebagai agregat kasar utama. Campuran beton terdiri dari pasir, semen, batu pecah, cangkang kelapa sawit, abu sisa pembakaran sawit (*Palm Oil Fuel Ash, POFA*), dan *superplasticizer* dengan variasi *replacement* 5%, 10%, 25%, dan 50% dimana 0% sebagai pembanding. Komposisi beton sebesar 5,18 kg pasir, 2,58 kg semen, 2,98 kg batu pecah, 1,14% *superplasticizer* dari berat *binder*, 716 gram POFA, dan *water binder ratio* sebesar 0,5. Untuk berat cangkang kelapa sawit disesuaikan dengan persentase *replacement* dari berat batu pecah. Campuran tersebut di uji *fresh propertiesnya* dengan melakukan pengujian *V-Funnel*, *L-Box* dan *J-Ring*.

Campuran yang sudah siap kemudian dimasukkan kedalam cetakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada Tabel 2.26 pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan hasil tertinggi pada umur 28 hari pada variasi 0% sebesar 25,06 MPa, variasi 5% sebesar 24,22 MPa, variasi 10% sebesar 20,04 MPa, variasi 25% sebesar 19,24 MPa dan variasi 50% sebesar 11,58 MPa.

Tabel 2.26 Nilai kuat tekan beton pada tiap variasi *replacement* dan umur (MPa) (Firnanda, 2016)

Benda Uji	Umur (Hari)	Replacement								
		0%	5%	Rata-rata	10%	Rata-rata	25%	Rata-rata	50%	Rata-rata
1A	1	6,1	8,41	8,79	9,35	9,87	6,69	6,33	5,46	4,7
1B	1		9,16		10,39		5,96		3,93	
3A	3	12,82	13,54	13,43	14,47	13,37	12,53	11,6	8,76	8,68
3B	3		13,31		12,26		10,67		8,59	
7A	7	15,8	15,28	15,91	17,02	15,72	16,02	13,97	10,69	11,33
7B	7		16,53		14,42		11,92		11,96	
14A	14	20,37	13,87	15,88	19,67	18,55	16,87	14,91	11,54	11,48
14B	14		17,89		17,43		12,95		11,42	
28A	28	25,06	22,25	24,22	19,4	20,04	16,87	19,24	11,03	11,63
28B	28		26,19		20,68		21,6		12,13	



Gambar 2.8 Hubungan kuat tekan beton dengan umur pengujian (Firnanda, 2016)

Aggarwal dkk, (2008) mengkaji mengenai *Self-Compacting Concrete – Procedure for mix design*. Pengembangan *Self-Compacting Concrete* harus memastikan keseimbangan antara deformabilitas dan stabilitas. Selain itu, tingkat kepadatan dipengaruhi oleh karakteristik material dan proporsi campuran. Tujuan dalam penelitian ini yaitu mengembangkan sebuah prosedur *mix design* SCC. Terdapat beberapa pengujian untuk karakteristik SCC meliputi *slump flow*, *J-Ring*, *V-Funnel*, dan *L-Box*, serta melakukan uji kuat tekan pada umur 7, 28, dan 90 hari. Pada Tabel 2.27 untuk campuran TR1 sampai TR9 dianggap sebagai campuran percobaan, karena campuran tersebut tidak memenuhi semua persyaratan *mix design* SCC. Sedangkan SCC1 sampai SCC5 adalah campuran SCC yang telah memenuhi semua sifat campuran dalam SCC dan juga telah terdapat FAS yang optimum untuk campuran tersebut. Pada Tabel 2.28 menyajikan hasil uji *workability* dan nilai kuat tekan. Pada campuran TR1 sampai TR9 semuanya tidak memenuhi sifat dari beton SCC berdasarkan standar yang telah ditetapkan. Namun, terdapat nilai kuat tekan yang optimum pada umur 7, 28, dan 90 hari berturut-turut yaitu campuran TR8 sebesar 21,36 MPa, TR7 sebesar 37,93 MPa dan TR7 sebesar 71,56 MPa.

Tabel 2.27 *Mix design* (Aggarwal dkk, 2008)

Sr.No.	Mix	Cement (kg/m ³)	Fly Ash (kg/m ³)	F.A (kg/m ³)	C.A (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	S.P. (%)	W/P ratio
1.	TR1	499	141	743	759	198	-	0,90
2.	TR2	499	141	743	759	198	0,76	0,90
3.	TR3	499	141	743	759	198	3,80	0,90
4.	TR4	520	146	775	684	243	1,14	1,06
5.	TR5	520	146	775	684	242	1,14	1,09
6.	TR6	520	146	775	684	273	1,14	1,19
7.	TR7	520	146	775	684	249	1,14	1,08
8.	TR8	520	146	775	684	270	1,14	1,17
9.	TR9	520	146	775	684	252	1,14	1,09
10.	SCC1	485	135	977	561	257	1,14	1,21
11.	SCC2	485	135	977	561	256	1,14	1,20
12.	SCC3	485	135	977	561	254	1,14	1,19
13.	SCC4	485	135	977	561	253	1,14	1,18
14.	SCC5	485	135	977	561	252	1,14	1,18

Table 2.28 *Workability and compressive strength results* (Aggarwal dkk, 2008)

Sr.No	Mix	Slump flow (mm)	T50c m ^a (sec)	V-funnel T _f ^b (sec)	V-funnel T _{5min} ^c (sec)	L-box Blocking ratio (H2/H1) ^d	7 days (MPa)	28 days (MPa)	90 days (MPa)
1	TR1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	TR2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	TR3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	TR4	-	-	-	-	-	10.03	22.24	-
5	TR5	590	15.0	46	-	-	12.64	22.67	-
6	TR6	-	-	-	-	-	12.60	22.00	29.65
7	TR7	-	11.0	-	-	-	20.06	37.93	71.56
8	TR8	400	-	-	-	-	21.36	34.45	69.76
9	TR9	670	5.0	39	70.0	0.10	18.31	22.67	68.48
10	SCC1	696.7	3.0	12	15.0	0.30	17.00	25.36	50.14
11	SCC2	676.7	3.5	11	12.5	0.90	17.00	26.90	52.32
12	SCC3	713.33	2.0	10	11.0	0.95	16.13	27.57	55.39
13	SCC4	660	4.5	8.0	9.0	0.90	16.15	31.54	66.27
14	SCC5	670	5.0	8.0	9.0	0.67	12.21	29.21	49.27

E. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian terdahulu mengenai beton dengan bahan tambah abu sekam padi dan penelitian lainnya mengenai beton *Self-Compacting Concrete* (SCC) dengan penambahan variasi pada campurannya sebagai berikut ini.

Tabel 2.29 Perbedaan penelitian terdahulu dan yang sekarang dilakukan

No	Penelitian	Tahun	Jenis penelitian	Perbedaan komposisi yang dipakai pada Penelitian	
				Terdahulu	Sekarang
1	Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi (Raharja)	2013	Pengujian Lab	Penambahan Abu Sekam Padi (ASP) menggunakan variasi komposisi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 15% sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap uji kuat tekan dan modulus elastisitas pada umur 28 hari.	Membuat variasi penambahan abu sekam padi dengan kadar campuran sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.

2	Pengaruh Kehalusan dan Kadar Abu Sekam Padi Pada Kekuatan Beton Dengan Kuat Tekan 50 MPa (Ramanuddin)	2010	Pengujian Lab	Besarnya penambahan dan substitusi parsial variasi abu sekam padi dan dalam penelitian ini yaitu 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Uji kuat tekan dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 28, dan 56 hari. Kadar optimum <i>superplasticizer (structuro 335)</i> sebesar 1%.	Membuat variasi penambahan abu sekam padi dengan komposisi campuran sebesar 5%, 10%, dan 15% terhadap uji kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk mengetahui karakteristik sifat dari <i>Self-Compacting Concrete</i> . Kadar <i>superplasticizer</i> yang digunakan 1%.
3	Pengaruh Pemanfaatan Abu kertas Dan Abu sekam Padi Pada Campuran <i>Powder</i> Terhadap Perkembangan Kuat Tekan <i>Self-Compacting Concrete</i> (Krisnamurti)	2013	Pengujian Lab	Pesentase abu sekam padi dan abu kertas sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat campuran powder. Pengujian benda uji meliputi pengujian terhadap SCC segar (<i>slump test, T50 test, funnel test</i>), dan pengujian kuat tekan benda uji pada usia 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.	Membuat variasi penambahan abu sekam padi (ASP) dengan dengan kadar campuran sebesar 5%, 10%, dan 15% untuk mengetahui karakteristik kondisi segar dari <i>Self-Compacting Concrete</i> dan di uji pada umur 7, 14, 28 hari.
4	Penggunaan Material Lokal Zeolit Sebagai <i>Filler</i> Untuk Produksi Beton Memadat Mandiri (Self Compacting Concrete) (Lianasari)	2012	Pengujian Lab	Dalam eksperimental ini material <i>filler</i> yang digunakan adalah zeolit dengan takaran 0%, 10%, dan 20%. Perencanaan adukan beton menggunakan metode SK SNI T-15-1990-03 dengan kuat tekan rencana 25 MPa.	Menggunakan bahan tambah abu sekam padi (ASP) pada agregat halus dengan kadar variasi 5%, 10%, dan 15%. Kuat tekan rencana 40 MPa.

5	Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap <i>Flowability</i> dan Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> (Setyawan)	2016	Pengujian Lab	Penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti sebagian semen dalam beton dengan 3 variasi sebesar 5 %, 10%, dan 15 % dan penambahan <i>viscocrete</i> dengan dosis yang berbeda yaitu 1,2%, 1,4%, dan 1,6% dari berat semen dan diuji pada umur 28 hari.	Membuat variasi penambahan abu sekam padi (ASP) dengan dengan kadar campuran sebesar 5%, 10%, dan 15% untuk mengetahui karakteristik kondisi segar dari <i>Self-Compacting Concrete</i> dan di uji pada umur 7, 14, 28 hari.
6	<i>Self Compacting Concrete</i> Dengan Variasi <i>Replacement</i> Agregat Kasar Menggunakan Cangkang Kelapa Sawit (Firnanda)	2016	Pengujian Lab	Digunakan cangkang kelapa sawit (<i>Oil Palm Shell</i>) sebagai <i>replacement</i> dari batu pecah sebagai agregat kasar utama dan <i>superplasticizer</i> dengan variasi <i>replacement</i> 5%, 10%, 25%, dan 50% dimana 0% sebagai pembanding. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.	Menggunakan bahan tambah abu sekam padi (ASP) pada campuran agregat halus dengan variasi 5%, 10%, dan 15%. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
7	<i>Self-Compacting Concrete – Procedure for Mix Design</i> (Aggarwal, dkk)	2008	Eksperim ental	Meneliti mengenai <i>procedure mix design Self-Compacting Concrete</i> , dengan membuat hingga 14 sampel benda uji dan menganalisis <i>workability</i> serta nilai kuat tekan pada umur 7, 28, dan 90 hari.	Meneliti tentang sifat karakteristik <i>Self-Compacting Concrete</i> dengan variasi penambahan abu sekam padi pada agregat halus serta menganalisis nilai kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.